

EL ACUEDUCTO DE CALAHORRA

- **La ciudad**

Calahorra, en un principio conocida por el nombre de *Kalakorikos*, desempeñó un papel importante, junto con *Gracurris* (Alfaro) en el dominio romano del valle medio del Ebro, desde que la zona fue sometida por Catón, hacia el siglo II a.C.

Las guerras sertorianas trajeron como consecuencia la destrucción de la ciudad, pero su posterior reconstrucción coincidió con un florecimiento de la misma, de manera que acabó convirtiéndose en una de las más importantes del valle del Ebro, siendo como era, un hito importante en la ruta de oro y los metales del Noroeste, hacia *Tarraco*.

Es en estos tiempos de máximo esplendor, cuando la ciudad, conocida como *Calagurris Iulia Nassica*, con toda seguridad, dispuso de un sistema de aprovisionamiento de agua, lo suficientemente complejo como para quedar restos en nuestros días, que no han parado de llevar confusión sobre los mismos.

- **El acueducto de Alcanadre**

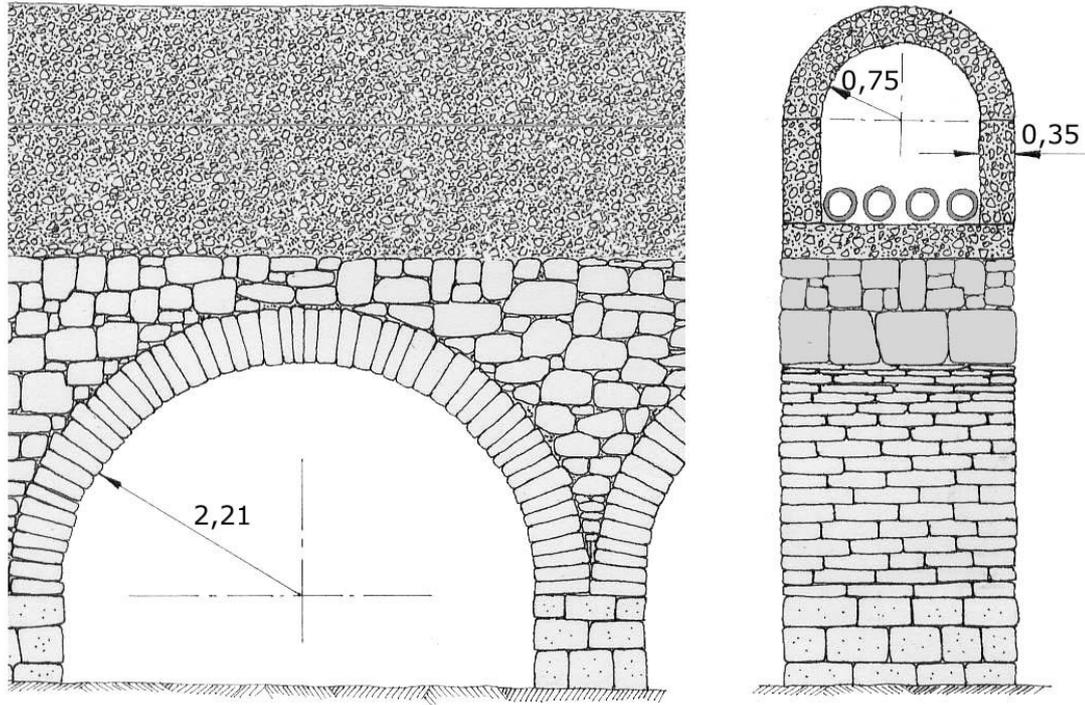
El sistema de aprovisionamiento de agua de Calahorra, ha planteado más de un problema, fundamentalmente por la existencia del acueducto llamado de Alcanadre, por encontrarse próximo a esa localidad, distante unos 16 Km. en línea recta hasta Calahorra.

Este acueducto de Alcanadre, debió ser en verdad impresionante, pues tendría la envergadura y robustez necesarias para cruzar el Ebro. Su monumentalidad, unido al hecho de que parece dirigirse directamente hacia la ciudad, es lo que ha llevado a suponer durante mucho tiempo que este acueducto formaba parte del sistema de traída de aguas de Calahorra.

En realidad se trata del venter de un sifón, pues en sus proximidades hay evidencias de los hallazgos de trozos de tubería cerámica. (**Alonso García D.** *Historia de la villa de Alcanadre*)

Carlos Fernández Casado, además de otros autores, se ocupó de este acueducto. De los datos de sus mediciones, puede desprenderse el siguiente esquema. (Las cotas en metros):

Acueductos romanos de Hispania



La luz de los arcos, en pies romanos sería de 15 pies, y la anchura de los mismos de 7,5 pies. (**Fernández Casado C.** *Acueductos romanos en España*)

El acueducto, debía tener no menos de 60 arcos, más los que estuvieran directamente sobre el río. Evidentemente, la morfología de estos arcos y los pilares sería con toda probabilidad distinta, con poderosos tajamares que soportaran el empuje de la corriente. (**Alonso García D.** *Op Cit*)

El hecho de que este acueducto sobre el Ebro, parezca dirigirse hacia Calahorra, es lo que ha creado la confusión anteriormente citada de que suministraba agua a la ciudad, como ya se ha mencionado.

Sin embargo, un estudio cuidadoso del mismo, revela un hecho incontestable: Las cotas del acueducto son netamente inferiores a las de la ciudad de Calahorra.

En concreto, la cota de la parte superior de la ciudad es de 358 m. mientras que el acueducto de Alcanadre a su paso por el Ebro, tiene una cota de 330 m, y aún le quedarían 16 Km cuesta arriba hasta llegar a la ciudad, lo que evidentemente, quedaba fuera de las posibilidades tecnológicas de Roma.

Acueductos romanos de Hispania

En total, si este acueducto llevara el agua a Calahorra, desde el lugar donde aparecen vestigios concretos, la localidad alavesa de Lazagurría, consistiría en total de un sifón de aproximadamente 30 Km, lo que resulta a todas luces desproporcionado. La otra localidad importante a la que el agua de este acueducto podría llegar, sería la localidad de *Gracurris*, pero esta se halla a 55 Km de allí, lo que resulta excesivo. (**Pascual Mayoral. P.** *El abastecimiento de agua a Calagurris*)

No hay que dudar que la obra sería magnífica sin embargo, no tenemos más que pensar en lo que los ingenieros de Roma hicieron unos cuantos kilómetros aguas abajo del Ebro: En Zaragoza también construyeron un sifón para abastecer una ciudad, sin embargo lo asentaron sobre un sólido puente de piedra que básicamente, y con algunas reformas, ha llegado hasta nuestros días.

Descartado pues Calahorra como destino del agua que circulaba por este sifón, ¿Cuál era su destino?

Ciertamente no lo sabemos. Tal vez fuese una villa cercana, aunque para una villa, parece una obra demasiado ambiciosa.

¿Podría ser un acueducto "fallido"?, tal vez. Pero cuesta creer que una obra de casi 30 Km. no lleve agua a ningún sitio. (Alonso García D. Propone un recorrido total de 60 Km, pues sitúa las fuentes en la localidad alavesa de Santa Cruz de Campeza, más o menos a 30 Km del cruce del Ebro) (**Alonso García D.** *Op.Cit.*)

Será pues este acueducto, junto con su puente-sifón, una más de las incógnitas que nos ha dejado Roma, otra obra de ingeniería, como los acueductos de Chelva, que parecen no conducir a ninguna parte.

- **El acueducto de la sierra de La Hez**

Sobre este acueducto, parece haber más consenso sobre su función.

Lamentablemente, no han quedado restos tan notables como los del anterior, por lo que la reconstrucción de su traza, ha sido posible gracias a la labor de estudiosos como Doña Pilar Pascual Mayoral, que ha publicado un completísimo estudio sobre este acueducto. (**Pascual Mayoral. P.** *Op.Cit.*)

Los restos hallados, permiten seguir el trazado aproximadamente desde las cercanías de la ermita de San Julián, cerca de la localidad de Las Ruedas de Ocón.

Para plantearlos la morfología del acueducto, nos fijamos en los datos aportados por Pascual mayoral:

Acueductos romanos de Hispania

Localidad	Suelo	Paredes	Cubierta	Altura	Anchura
San Julián	Canto rodado Asentado con mortero de cal	De hormigón enfrado al interior, espesor variable	Cielo abierto	0,55m.	0,39m.
Carbonera y llano del cañal	Canto rodado Asentado con mortero de cal	Como el tramo anterior, sin paredes de tégula	Cielo abierto	0,55m. en el Llano del Cañal	0,48m. en el Llano del Cañal
Panizares y Libastral	Canto rodado Asentado con mortero de cal	Como en anteriores. Gavas de mayor tamaño	Podía ir cubierta con tapa de hormigón	Desconocida	Desconocida
Cerradillas. S. Pedro Mártir: Pantano de Cuadra	Encachado de canto rodado. Bloque de hormigón de 10- 15 cm de cal, arena y gravas rodadas	Sillarejos unidos con mortero. Revoco de 1 cm. de <i>Opus signinum</i>	En Cerradillas, descubierto. En Pantano de Cuadra con losas de arenisca	Desconocida	Desconocida
La Maja y Valrroyo	Encachado de canto rodado. Capa de hormigón de 10- 15 cm de cal, arena y gravas de río	Sillarejos asentados con mortero. Revoco de 1 cm. de <i>Opus signinum</i> Medias cañas de 6 cm	Cubierto con losas de arenisca	0,55m.	0,45m.

Acueductos romanos de Hispania

Lo primero que llama nuestra atención es el hecho de que hay nada menos que 6 tramos diferentes, y distintos en su morfología. Eso implica un proceso continuado de reconstrucción de la obra, lo que significa, evidentemente, un uso prolongado en el tiempo de la misma.

La primera consecuencia que extraemos, de este hecho, es que el acueducto se realizó prontamente. Tal vez en tiempos de Augusto, o quizá antes, en tiempos de César.

En cuanto a cuales serían las dimensiones del acueducto primitivo, es difícil saberlo.

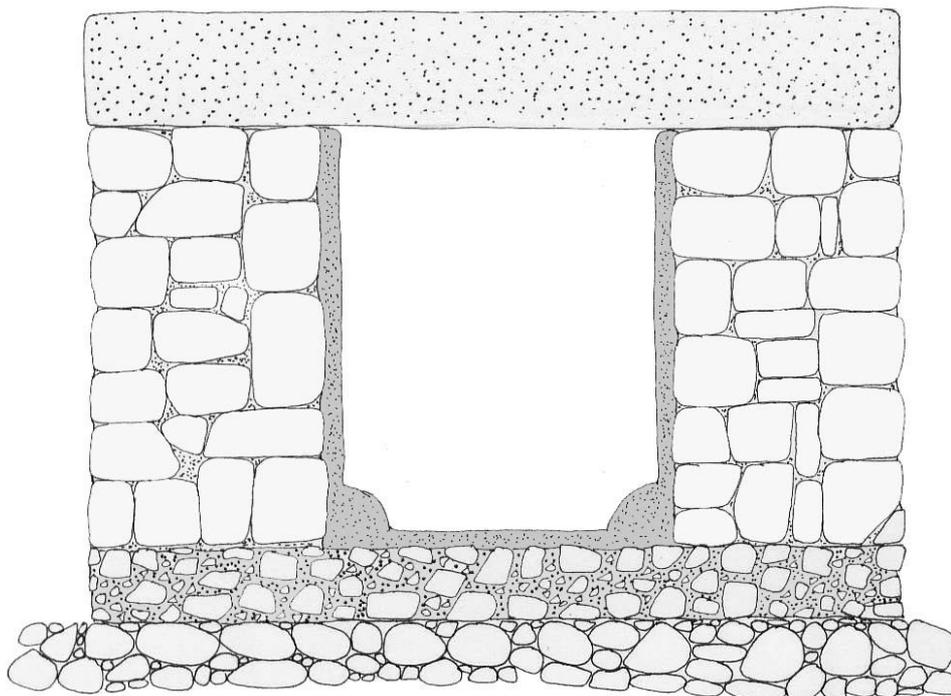
Tal vez sea la parte cubierta con losas de arenisca, pues aunque en un principio, no serían incompatibles con las cubiertas hormigonadas, este tipo de cubrición, denota un primitivismo y sencillez, muy propio del diseño romano de finales del siglo I a.C.

Las dimensiones de cálculo que tomaremos serán:

Profundidad del canal.....	55 cm
Anchura del canal.....	45 cm

Lo que medido en pies romanos da una profundidad de aproximadamente 2 pies, y una anchura de un pié y medio.

Una representación de la sección de este canal sería:



Acueductos romanos de Hispania

Pascual Mayoral afirma no haber encontrado aún el punto de arranque del acueducto, aunque considera que está próximo al lugar conocido por el nombre de *Las Ruedas de Ocón*. En la actualidad, estos manantiales dan agua suficiente para abastecer a una población estable de más de 5.000 personas (*Pascual Mayoral. P. Op.Cit.*)

El desnivel del acueducto total es de 562 m. que es la diferencia de cotas entre el punto de partida y el lugar conocido como *El Raso*, es decir, la parte más elevada de Calahorra.

La longitud es de 30 Km. lo que da una pendiente media de 1,8 % aunque esta pendiente no es la misma en todo el trazado.

Las pendientes son las siguientes:

<u>Tramo</u>	<u>Pendiente</u>
Las Ruedas – Carbonera.....	1,14 %
Carboneras – Las Cerradillas.....	2,90 %
Las Cerradillas – Valroyuelo.....	1,50 %
Valroyuelo – Calahorra.....	0,41 %

Pascual Mayoral, indica que el último tramo del acueducto, que discurría sobre un puente, lo hacía con una anchura mayor, a juzgar por la base de los pilares que quedan. (*Pascual Mayoral. P. Op.Cit.*)

Esto muy bien podría ser debido a que al tener la pendiente menor, el cauce necesitase una mayor anchura para poder transportar todo el caudal de agua sin que rebosase.

Pero también existe la posibilidad de que los pilares fuesen mucho más robustos y anchos que el *specus*, pues debían hacer frente a las erosiones de las aguas por su base. En realidad, no tiene porqué haber correspondencia entre la anchura de los pilares y la del canal, y mucho menos con los métodos constructivos romanos.

El ejemplo lo tenemos en el caso del acueducto de “Los Milagros”, que para un canal de apenas 60 cm de anchura tenía en sus primeros arcos unos pilares de 3x3 m (sin contar los enormes contrafuertes, claramente desproporcionados de los pilares centrales, sobre el río Albarregas) (*Fernández Casado C. Acueductos romanos en España*)

En cuanto a las dimensiones finales del acueducto, al menos del largísimo tramo elevado, en verdad debía ser impresionante, muy al estilo de los que impresionarían a los viajeros que accedían por primera vez a Roma.

Acueductos romanos de Hispania

En algunos tramos, la altura de la rasante sobre el nivel del terreno alcanza aproximadamente los 30 m, y teniendo en cuenta que la luz de los arcos es de unos 7 m, es muy probable que haya habido largos tramos de arcadas dobles. (Sería muy interesante saber si respondían al canon "hispano", pero desgraciadamente, no ha quedado testimonio de ningún tipo que nos lo pueda confirmar)

Vemos que a grandes rasgos, el canal cumple las características normales del trazado de un acueducto romano:

1. El inicio, se hace con una pendiente pequeña, para que no haya problemas de desbordamiento en los tramos posteriores.
2. En los tramos intermedios, la pendiente aumenta (En este caso, la cantidad de 2,90 % puede considerarse como algo excepcional.
3. En el tramo final, la pendiente disminuye mucho, a fin de conseguir una mayor decantación de los elementos finos, antes de depurarse completamente en el *Castellum* del interior de la ciudad.

• La cronología

Una vez más, nos encontramos con la falta de testimonios epigráficos o de otro tipo, que nos indiquen la época en que el acueducto se levantó. Una vez más, por lo tanto hemos de recurrir a métodos indirectos.

Basándonos en una fíbula hallada en revuelto sobre el canal, que ha podido ser fechada entre el 25 y el 50 d.C. podemos pensar que el acueducto pudo ser construido a finales del siglo I o principios del II. (*Pascual Mayoral. P. Op.Cit.*)

En realidad, el hecho que sea una fíbula, es decir una joya, no es de gran utilidad, desde el punto de vista de las fechas, pues las joyas, a diferencia de otros objetos, como la cerámica, son elementos fáciles de atesorar, por lo que pudo haber sido perdida mucho tiempo después de haber sido fabricada.

Acueductos romanos de Hispania

• El caudal

Haremos el cálculo del caudal, para el tramo anteriormente referido. (El correspondiente a Valrroyo)

Consideraremos despreciable el efecto perturbador de las medias cañas de refuerzo en las esquinas del canal.

Como pendiente, estimaremos la del final del acueducto, esto es, un 0,41 %, pues la media del acueducto sale demasiado elevada a causa del tramo Carboneras – Las Cerradillas, con una pendiente excesiva.

Los calados que estimaremos son:

Calado máximo.....	0,55 m
Calado medio	0,27 m
Calado óptimo.....	0,22 m

Con estos valores de calado y de pendiente, podemos obtener la siguiente tabla:

n		m ³ /s	m ³ /día	Litros/s	Quinarias
0,017	Q. Máx.	0,868	74.995,2	868	1.874,88
	Q. Med.	0,357	30.844,8	357	771,12
	Q. Ópt.	0,273	23.587,2	273	589,68
0,02	Q. Máx.	0,738	63.763,2	738	1.94,08
	Q. Med.	0,304	26.265,6	304	656,64
	Q. Opt.	0,232	20.044,8	232	501,12

• La población

Lo primero que nos llama la atención es la enorme diferencia que hay entre el caudal que hemos considerado como máximo, y el intermedio, e incluso el óptimo.

No es probable, como hemos visto, que los caudales de los acueductos estén diseñados para variar demasiado con el tiempo. Pero evidentemente, esta no es una regla que hubiese que seguir estrictamente.

Además, cabe la posibilidad de que, dada la fuerte estacionalidad de las precipitaciones en el valle medio del Ebro, y por consiguiente, la presencia de largas épocas con lluvias escasas, los arquitectos, concibieran el acueducto, como un instrumento para acarrear el agua a la ciudad, en la que se almacenaría convenientemente en aljibes y cisternas, para las épocas de menor precipitación.

Lo que está claro, es que si el cauce llegase a rebosar, no se repartiría toda el agua, pues en la época de estiaje habría déficit de agua, por lo que únicamente se repartiría para el consumo la necesaria para cubrir las necesidades de la población durante todo el año.

La cantidad destinada a estos menesteres, consideraremos que es la que corresponde al caudal óptimo, que como vemos, es muy parecida a la que hemos supuesto como caudal medio.

Nuestros valores serán, por lo tanto:

- ✓ 0,273 m³/s Para el caudal abundante, con el *specus* en perfecto estado.
- ✓ 0,232 m³/s Para el *specus* con un mantenimiento deficiente.

Para hacer una estimación del número de habitantes, haremos las restricciones habituales:

- La cantidad de agua destinada a consumo directo como agua de boca, sería de un 14,77%
- La cantidad media de agua consumida diariamente por persona, sería de 60 litros.
- Supondremos, asimismo un 1,67% de potentados que tenían una concesión directa de uso del acueducto.

Acueductos romanos de Hispania

Con estas restricciones podemos confeccionar la siguiente tabla:

Agua total (m ³ /día)	Agua de boca (m ³ /día)	Habitantes	Total
23.587,2	3.483,8	58.064	59.034
20.044,8	2.960,6	49.344	50.168

Vemos que el número de habitantes estimados como posibles para la ciudad, es totalmente desorbitado con las estimaciones que basándonos en otros datos se hacen (unos 6.000 habitantes) (*Pascual Mayoral. P. Op.Cit.*)

Por lo tanto, debemos replantearnos los datos obtenidos.

La disparidad tan grande que se observa puede ser debida a diversos factores:

- ✓ Unos caudales grandes en unas épocas y pequeños en otras.
- ✓ Un mayor consumo de agua de boca por habitante.
- ✓ Un mayor consumo de agua en fuentes y obras públicas.

La primera cuestión, pudiera darse en el caso de que la ciudad dispusiera de unas grandes cisternas que almacenasen el agua de los días de grandes caudales para los períodos de estiaje.

El inconveniente que plantea esta posibilidad, es que se necesitarían unas enormes cisternas, de las que no han quedado rastros, cosa extraña, si tenemos en cuenta que este tipo de construcción, al ser subterránea, y generalmente confeccionada en hormigón, tiene una gran durabilidad. (La "Cueva de Hércules", en Toledo, es un buen ejemplo).

La segunda cuestión, es posible pero no probable, pues aunque el consumo de agua de beber por habitante fuese el doble del supuesto, la cifra sería todavía 4 veces mayor que la estimada de 6.000 habitantes.

La tercera posibilidad, es la más factible.

Unas obras públicas que consumieran una gran cantidad de agua. Implicarían un enorme caudal necesario para mantenerlas en funcionamiento.

Aquí tal vez esté la justificación de la naumaquia que Calahorra pudo tener.

Ciertamente, si los caudales calculados se dieron, pudieron ser suficientes para abastecer a una población en torno a 5.000 personas y al mismo tiempo, suministrar agua suficiente para mantener una naumaquia.

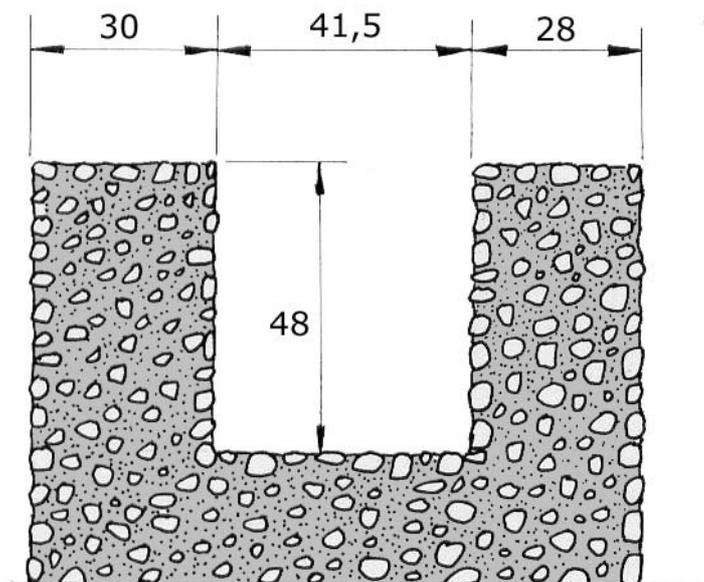
Acueductos romanos de Hispania

Es muy evocador imaginarse a la guardia calagurritana de Octavio Augusto, con una generosa licencia, instalándose en su tierra, y con la determinación de hacer en aquél lugar una "segunda Roma", con su largísima hilera de arcos soportando el *specus* del acueducto, y una naumaquia intramuros de la ciudad, tal y como habían visto en la Urbe, en los tiempos que estuvieron sirviendo al emperador.

Los restos encontrados, de alguna manera vienen a confirmar esta tesis, pues las conducciones hidráulicas relacionadas con el circo o naumaquia resultan evidentes.

En el paseo del Mercadal, se puede ver un desagüe perpendicular a la Pared Sur del circo. Las dimensiones son considerables, lo que indica que tenía una utilidad de evacuar grandes cantidades de agua.

Un representación de la sección, con las cotas en centímetros es la siguiente:

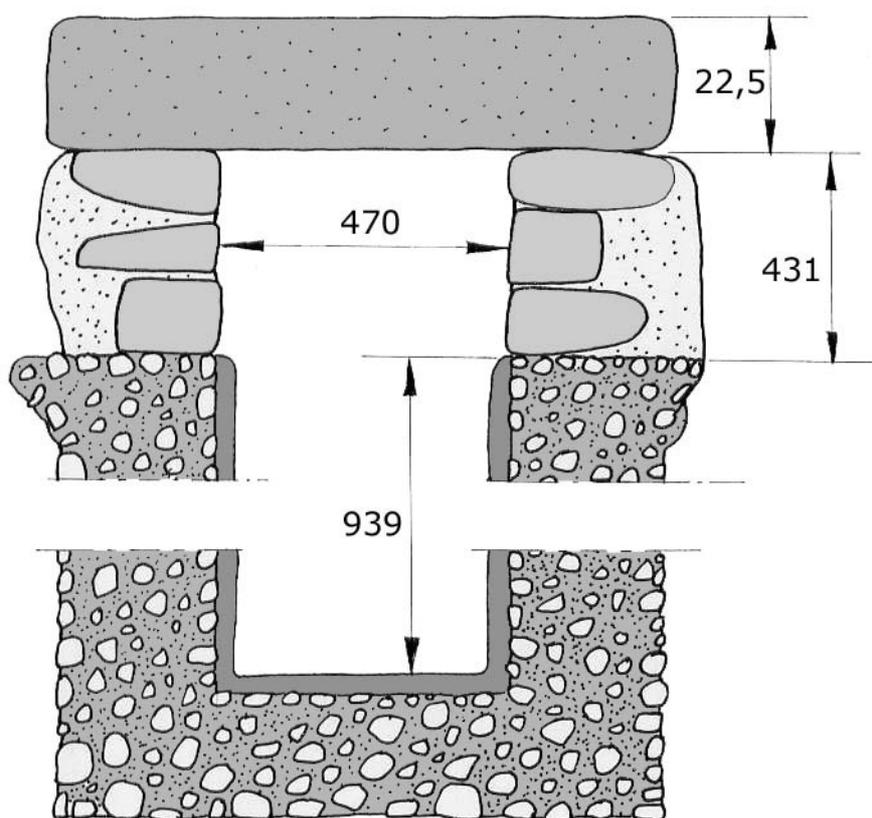


La obra es enteramente de *opus caementicium*, sin revestimiento

Acueductos romanos de Hispania

Asimismo, otro canal de drenaje apareció en uno de los solares de la calle Teatro, en un seguimiento arqueológico realizado por J.C. Sáenz Preciado. También canalizaba el agua por el lado sur del circo. (**Luezas Pascual R.A.** *Obras hidráulicas en el municipiun Calagurris Iulia*)

La representación de este canal, con las cotas en centímetros es la siguiente:



La obra es de opus caementicium, con un recrecimiento posterior de mampostería

Vemos que esta salida también es de grandes dimensiones. Incluso visitable. Parece claro que en un principio se realizó con una altura de 939 cm, para posteriormente elevarla 431 cm más, a fin de facilitar las labores de limpieza e inspección.

El hecho de que esta canalización esté revestida de opus signinum, a diferencia de la anterior, nos hace pensar que esta salida estaba prevista para la salida de las aguas que no se empleaban en la naumaquia, o cuando esta no estuviera en uso, mientras que la anterior, sería una simple salida de aguas residuales.

Acueductos romanos de Hispania

El hecho de que la salida de agua residual no vaya directamente a las cloacas es evidente. Se colapsarían estas, con el consiguiente peligro de rotura de las mismas.

Tenemos por tanto una explicación racional al elevado caudal que entraba en Calahorra.

Lo que sin embargo seguimos sin saber es el cálculo aproximado de los habitantes de la ciudad, ya que desconocemos qué porcentaje de agua se dedicaba a la naumaquia, y cuál a consumo público.

Lo que parece claro, a la vista de los restos, es que en los momentos en que no estaba en uso, el agua que se destinaba a ella, se redistribuiría en otros usos como agua potable. Eso explicaría el recubrimiento de *opus signinum* del drenaje de la calle Teatro.

Lo más probable es que desde el *castellum aquae* se redistribuyera el agua para las fuentes públicas por un lado, para los servicios públicos por otro, y para la naumaquia por otro. Sólo cuando los dos primeros servicios estuvieran completos se desviara el agua para la naumaquia. Esto, es lo que Vitrubio aconseja, y es lo que parece ser que se hacía en otras ciudades del imperio, como Nimes, donde se ha conservado el *castellum* casi intacto.

No obstante, dado el enorme caudal potencial que este acueducto presenta, es probable, que desde el final de la primavera hasta la mitad del verano, pudieran realizarse estos espectáculos acuáticos.